

**ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA REPORTADA POR EL
USO DEL CARBÓN EN INDUSTRIAS LADRILLERAS**



BRENDA LORENA PEREA DAZA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
**ESPECIALISTA EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS
NATURALES**

Director:
XIMENA LUCÍA PEDRAZA NÁJAR

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS
NATURALES**

BOGOTÁ, DICIEMBRE DE 2018

ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA REPORTADA POR EL USO DEL CARBÓN EN INDUSTRIAS LADRILLERAS

DOCUMENTARY ANALYSIS OF ATMOSPHERIC CONTAMINATION REPORTED BY THE USE OF CARBON IN BRICKS INDUSTRIES

Brenda Lorena Perea Daza
Ingeniera Ambiental
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia.
u2700879@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La combustión incompleta del carbón mineral presente en el proceso de cocción para la fabricación de material cerámico genera un impacto en la calidad del aire, afectando la salud de las personas que se relacionan directa e indirectamente con la actividad, especialmente a aquella población vulnerable que hace parte de la comunidad adyacente a la industria, tales como adultos mayores, niños y personas con enfermedades respiratorias. Los contaminantes identificados en la actividad tienen efectos biofísicos, sociales y económicos, ocasionados por la descarga incontrolada de material particulado y otros gases. Éste documento tiene como objetivo analizar la contaminación atmosférica reportada por el uso del carbón mineral para la fabricación de arcilla, para esto se identificaron los principales impactos asociados al proceso, así como los contaminantes emitidos al aire y sus impactos en el ambiente y en la salud; se practicaron unas encuestas a los actores directamente involucrados con el fin de revisar cómo se han afectado por esta problemática, y finalmente el artículo busca plantear propuestas de conversión tecnológica que reemplacen el uso del carbón mineral en la producción de cerámica y arcilla. Los resultados obtenidos, determinaron que existe una etapa crítica durante la fabricación del ladrillo que afecta la calidad del aire, además se evidenció una tendencia de las enfermedades respiratorias con el uso del carbón. Se lograron identificar técnicas para disminuir las emisiones, sin embargo se concluyó que deben ser socializadas para fortalecer la producción limpia no sólo en la industria ladrillera, sino en toda la economía del país.

Palabras claves: *Contaminación atmosférica, carbón, combustible, enfermedades respiratorias, conversión tecnológica.*

ABSTRACT

The incomplete combustion of the mineral coal present in the cooking process for the manufacture of ceramic material generates an impact on air quality, affecting the health of people who are directly and indirectly related to the activity, especially to that vulnerable population that makes part of the community adjacent to the industry, such as the elderly, children and people with respiratory diseases. The pollutants identified in the activity have biophysical, social and economic effects, caused by uncontrolled discharge of particulate matter and other gases. The purpose of this document is to analyze the air pollution reported by the use of mineral coal for the manufacture of clay, for this purpose the main impacts associated to the process were identified, as well as the pollutants emitted to the air and their impacts on the environment and health. ; Surveys were carried out to the actors directly involved in order to review how they have been affected by this problem, and finally the article seeks to propose technological conversion proposals that replace the use of mineral coal in the production of ceramics and clay. The results obtained, determined that there is a critical stage during the manufacture of brick that affects the quality of air, also showed a trend of respiratory diseases with the use of coal. It was possible to identify techniques to reduce emissions, however it was concluded that they must be socialized to strengthen clean production not only in the brick industry, but in the entire economy of the country.

Keywords: Air pollution, coal, fuel, respiratory diseases, technological conversion.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país característico por el sector minero, esta actividad industrial ha desempeñado parte fundamental en el desarrollo económico y social del país. La mayor concentración se encuentra en Bogotá, ciudad que abarca aproximadamente más de 490 ladrilleras, entre las cuales se encuentran las informales, las agrestes, e incluso algunas tecnificadas [1].

Actualmente, la fabricación, comercialización y distribución de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla, comprende el aparato productivo de gran parte de la población de la capital y sus alrededores, creando consigo la formación de pequeñas empresas y por ende altas oportunidades de empleo [2].

Así como el sector es un pilar para la generación de empleo en el país, también es considerado como una de las industrias que más consume materia prima durante su operación. Esta actividad se caracteriza por recurrir al uso de combustibles fósiles en su proceso productivo; gran parte de las empresas utilizan el carbón

mineral para la cocción del material cerámico, que fundamentalmente corresponde a la quema de los ladrillos en hornos a temperaturas extremas entre los 900°C a 1000°C [2]. En condiciones ideales, durante este proceso se completan reacciones químicas de oxidación que desprenden calor; sin embargo durante la práctica, en muchas ocasiones la baja tecnificación hace que el oxígeno no sea suficiente para que el combustible se oxide completamente, lo que ocasiona una combustión incompleta llevando a cabo el origen de diferentes compuestos contaminantes que son emitidos a la atmósfera [3], como material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxidos de azufre (SO₂), cloruros de hidrógenos (HCL) y fluoruros de hidrógeno (HF) [3].

Este documento tiene como propósito realizar un análisis de la contaminación atmosférica generada por el uso del carbón mineral como combustible para la fabricación de productos de cerámica y arcilla, revisar sus principales impactos asociados al proceso, además de proponer sugerencias que permitan prevenir, mitigar y controlar dichas afectaciones y así ser una fuente de información útil para el sector industrial.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo y una contextualización del marco normativo que regula las emisiones generadas por fuentes fijas, definiendo exigencias, monitoreo y control. Ésta información, se recolectó en bases de datos académicos, y en las normas concernientes a calidad del aire del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Una vez realizada la investigación, se procedió a organizar, clasificar y sistematizar todo lo reunido.

De esta manera, fue importante obtener información de los actores directamente vinculados con la actividad, por lo que se realizaron encuestas en algunas de las ladrilleras ubicadas en el Parque Minero Industrial El Mochuelo, y en los barrios Mochuelo Alto y Mochuelo Bajo en la localidad de Ciudad Bolívar. Se aplicaron un total de 63 encuestas a trabajadores, industriales, población cercana al sector, expertos y a funcionarios de la autoridad ambiental competente. Esta encuesta fue diseñada con preguntas cerradas, con respuesta de opción de si o no, este formato permite a los encuestados manifestar su conformidad de lo que se cuestiona.

Se realizó un trabajo de campo, con el fin de hacer una verificación del proceso productivo de la fabricación de material cerámico y arcilla, haciendo énfasis en la actividad de cocción, la cual es la que hace uso del carbón mineral para el calentamiento. Esta etapa, se efectuó con el fin de identificar los efectos asociados al proceso y con ello, ampliar la perspectiva teórica que permitirá plantear nuevas estrategias para poder reducir las afectaciones en el medio.

Con la información adquirida en fuentes bibliográficas, las encuestas practicadas, y la visita de campo, se procede a iniciar el análisis de los datos mediante, gráficas

y estadísticas que permitan describir la situación actual de la calidad del aire, y los problemas que conlleva el manejo inadecuado de los combustibles fósiles como el carbón mineral. Mediante la información técnica adquirida, se logrará caracterizar los contaminantes emitidos, y así poder realizar el planteamiento de propuestas sostenibles para el sector ladrillero que permitan prevenir la emisión de contaminantes, como material particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, entre otros.

2. MARCO NORMATIVO

La contaminación atmosférica en Colombia es uno de los factores ambientales de mayor preocupación, principalmente por los efectos ocasionados en la salud de la población y en el medio ambiente. En este sentido, el país ha desarrollado una larga lista de acciones de control de la contaminación del aire. Básicamente inició con la expedición de la Ley 23 de 1973 cuyo objeto es “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”, ésta ley fundamentó al gobierno nacional para que expidiera el Decreto-Ley 2811 de 1974, el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Posteriormente en el año 1979, el Congreso de Colombia decretó la Ley 9, por la cual se dictan medidas sanitarias y a su vez definen normas para el control de la contaminación atmosférica.

En 1982 se expidió el Decreto 02, el cual reguló la emisión y concentración de contaminantes a la atmósfera y adoptó estándares de calidad del aire y emisión por fuentes fijas. Esta norma fue derogada en parte por el Decreto 948 en 1995, y algunos artículos quedaron vigentes hasta el 2008 con la **Resolución 909**, la cual establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas a nivel nacional y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias.

Así mismo, en el año 1991 La Constitución Política de Colombia estableció una lista de derechos y obligaciones con el medio ambiente, donde dispone que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” y adicionalmente, “deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

Con base en lo anterior, se expidió la Ley 99 de 1993 en la cual el Congreso de Colombia crea el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. En esta Ley, se publica además las responsabilidades de las autoridades ambientales que tienen al ejercer la evaluación, control y seguimiento ambiental de los recursos naturales, incluyendo

la expedición de licencias ambientales, permisos, concesiones y demás autorizaciones.

En la ciudad de Bogotá, el 14 de marzo de 2005 mediante el documento Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES- 3344, se establecieron los lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire en las ciudades y zonas industriales de Colombia. De esta manera, propone al MAVDT, hoy MADS, la adopción de políticas y estrategias para prevenir y controlar la contaminación del aire mediante una Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y Control de la Contaminación del Aire (CONAIRE).

Por otra parte, en el año 2010 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-, actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- establece la Resolución 2153, por la cual se ajusta el **Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas**, adoptado a través de la Resolución 760 de 2010 y se adoptan otras disposiciones.

De esta forma y por medio de la **Resolución 6982** del 27 de diciembre de 2011, la Secretaría Distrital de Ambiente -SDA- establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas en el perímetro urbano del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones.

Actualmente, para remitirnos a la normatividad vigente en materia de regulación de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas debemos consultar principalmente en la Resolución 909 de 2008 a nivel nacional, y en la Resolución 6892 de 2001 para Bogotá; cada una de ellas establece unos estándares particulares de emisión admisibles de contaminantes al aire para procesos productivos, bien sea en el Territorio Nacional o en el Distrito Capital. Y que, por su parte, el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, establece los procedimientos de evaluación de emisiones, los cuales incluyen medición directa, balance de masas y factores de emisión.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Proceso productivo de la fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla.

Se realizaron cinco visitas a industrias ladrilleras ubicadas en el Parque Minero Industrial de Mochuelo, en la Localidad de Ciudad Bolívar de Bogotá. Durante el recorrido, se consiguió verificar el proceso productivo, y se identificó que una vez se haya realizado las etapas preliminares a la cocción, tales como la explotación y extracción de la arcilla, se procede a la maduración y preparación del material con el fin de favorecer el proceso de elaboración de los bloques y ladrillos, posteriormente se inicia con el moldeo y extrusión del material para finalmente retirar la humedad contenida en el bloque y realizar el secado del mismo, bien sea

mediante una cámara de secado o por medio de ventilación no forzada, es decir al aire libre.

Posterior a las actividades previas la siguiente etapa es la cocción del ladrillo, la cual es actividad objeto de esta investigación, puesto que hace uso del carbón mineral en los diferentes hornos empleados (Hoffman, Colmena y Túnel) para alcanzar temperaturas internas entre los 900°C a 1000°C. Esta actividad se hace con el propósito de retirar completamente la humedad que resultó después del secado, y para comprobar la resistencia que se ha logrado del material.

El carbón es una roca sedimentaria compuesta principalmente de carbono, y con cantidades significativas de hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno [8]. Cuando se quema libera una gran cantidad de energía térmica, por lo cual ha sido utilizado durante mucho tiempo no solo en el sector ladrillero, sino en muchos procesos industriales; adicionalmente en términos de costos y transporte es de fácil manejo, lo cual resulta ser el combustible más eficiente para el industrial [8].

Durante esta etapa del proceso productivo, el carbón mineral es quemado con el fin de que los hornos alcancen temperaturas extremas para permitir la cocción de los ladrillos. En condiciones ideales, durante este proceso se completan reacciones químicas de oxidación que desprenden calor, aquí sólo dos productos se forman, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O); sin embargo durante la práctica, en muchas ocasiones la baja tecnificación hace que el oxígeno no sea suficiente para que el combustible se oxide completamente, lo que ocasiona una combustión incompleta llevando a cabo el origen de diferentes compuestos contaminantes que son emitidos a la atmósfera [3], entre ellos otras formas de carbono puro como el hollín, o técnicamente llamado material particulado (MP).

Durante la combustión del carbón mineral, los compuestos menores que hacen parte de él también se oxidan. El azufre se transforma el dióxido de azufre (SO_2) y el nitrógeno se convierte en óxidos de nitrógeno (NO_x). Por su parte el flúor y el cloro, están presentes en la corteza terrestre de forma natural, pudiendo ser encontrado bien sea en el carbón mineral o en la arcilla [9]. El contenido de cloro está condicionado por la composición mineralógica de la materia prima y directamente relacionado con la presencia de sales (halitas) en la arcilla. De acuerdo con esto, durante el proceso de cocción, se ve implícita la destrucción de un gran número de minerales, en el que se produce la liberación y emisión de compuestos volátiles que contaminan la atmósfera como son el flúor (a temperaturas superiores de los 850°C) y el cloro [8].

Posterior a la cocción del ladrillo, se realiza una verificación de la resistencia y las exigencias de calidad del producto y se procede al enfriamiento. Antes de su comercialización, se efectúa un almacenamiento en forma de “pallets” puesto que hace más fácil su traslado de un lugar a otro [15].

El siguiente diagrama es una representación gráfica del proceso de fabricación de productos de cerámica, en donde se resalta la etapa más impactante al medio ambiente y a la salud: Cocción del material cerámico.

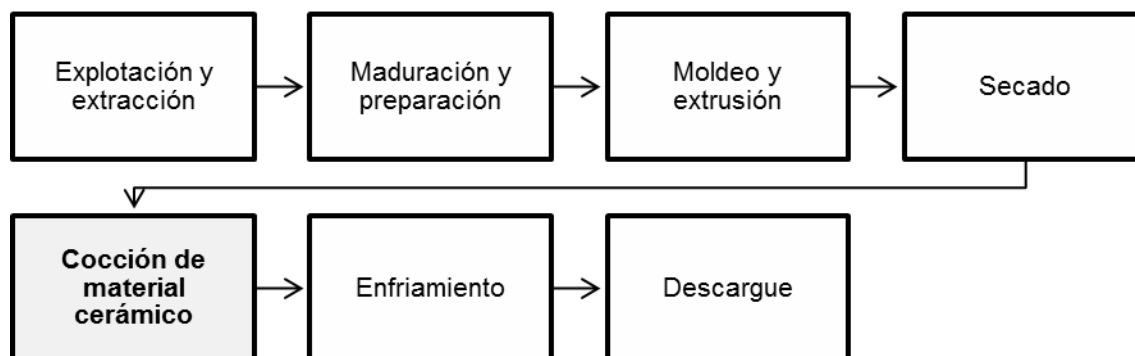


Fig. 1 Diagrama de flujo del proceso de producción de ladrillo.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

32. Contaminantes atmosféricos generados durante la fabricación de ladrillos.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS- mediante el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, realizó una descripción de los contaminantes que deben ser monitoreados teniendo en cuenta la actividad industrial y las características de la fuente de emisión [7]. Para el caso del sector industrial ladrillero, el MADS estableció lo siguiente:

Tabla 1. Matriz de contaminantes.

Actividad	Contaminante
Fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla.	MP: Material particulado
	NO _x : Óxidos de nitrógeno
	SO ₂ : Dióxidos de azufre
	HCL: Cloruros de hidrógeno
	HF: Fluoruros de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia, 2018.

33. Identificación de impactos al medio ambiente y a la salud originados por el uso del carbón en industrias ladrilleras.

Una vez conocida la etapa de cocción de material cerámico y los parámetros a monitorear, se investigaron algunos de los principales impactos ocasionados a los medios abiótico, biótico y socioeconómico originados por el uso de carbón.

En el medio abiótico, el mayor contaminante del aire en el país es el material particulado fino producido por las industrias que operan con carbón, ya que

cuando es empleado como fuente de energía libera grandes cantidades de gases contaminantes a la atmósfera, en el caso de los óxidos de azufre y de nitrógeno, reaccionan con el vapor de agua presente en la atmósfera y posterior a esto se asientan en el aire como lluvia ácida, formando también efecto invernadero, y formación de smog fotoquímico por emisión de material particulado [9]. El transporte del carbón, desde las minas hasta las ladrilleras, genera contaminación del aire, principalmente por el polvillo ocasionando a su vez problemas de salud pública.

El medio biótico se presenta impactado principalmente en el momento de la extracción de recursos naturales no renovables como el carbón para el desarrollo económico de las ladrilleras existentes a nivel nacional, puesto que ocasiona la degradación de ecosistemas y paisajes, contaminando fuentes de aguas superficiales y subterráneas, poniendo en riesgo el abastecimiento de agua para consumo humano en muchos lugares del país, esto se da principalmente porque al explotar la piedra que recubre el carbón se dejan expuestos al ambiente residuos de azufre, plomo y fósforo que vierten directamente a cuerpos de agua [15].

En el medio socioeconómico, varios estudios han demostrado que el carbón genera efectos importantes sobre la salud ocasionando exacerbaciones de asma principalmente en niños y adultos, desarrollo de asma en niños, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) en fumadores y adultos, desarrollo pulmonar atrofiado en niños, mortalidad en lactantes atribuidas a síndrome de muerte súbita del lactante (SMSL) y muertes atribuidas a la gestación breve y bajo peso al nacer, cáncer de pulmón en fumadores y adultos, arritmias cardíacas en adultos hipertensos, diabéticos, y pacientes con enfermedades cardiovasculares, infartos agudos de miocardio en adultos diabéticos e hipertensos, insuficiencia cardíaca congestiva en adultos hipertensos, diabéticos y pacientes con enfermedades cardiovasculares; y en el aspecto neurológico el carbón puede ocasionar accidente cerebrovascular isquémico en adultos mayores, hipertensos y diabéticos [15].

Adicionalmente, el uso del carbón en las fábricas ladrilleras genera afectación en las estructuras por acumulación de material particulado en viviendas, vías, y escuelas cercanas al sector, generando afectaciones en la calidad de vida de la población adyacente al parque industrial.

De otro modo, el uso del carbón en Colombia para la fabricación de ladrillos genera un crecimiento económico en las regiones mineras, ya que fomenta el uso y la producción del combustible fósil, generando para muchas condiciones de bienestar, desarrollo humano local y disminuyendo los índices de pobreza en las zonas productoras de carbón [10].

3.4. Percepción de los actores involucrados en el sector industrial ladrillero.

Se realizaron encuestas en el Parque Minero Industrial de Mochuelo, habitantes de los sectores Mochuelo bajo, Mochuelo Alto y en otros sectores de la ciudad para identificar la percepción social de la contaminación atmosférica generada por el uso del carbón en industrias ladrilleras. A continuación, se presenta gráficamente las respuestas obtenidas y su respectivo análisis:

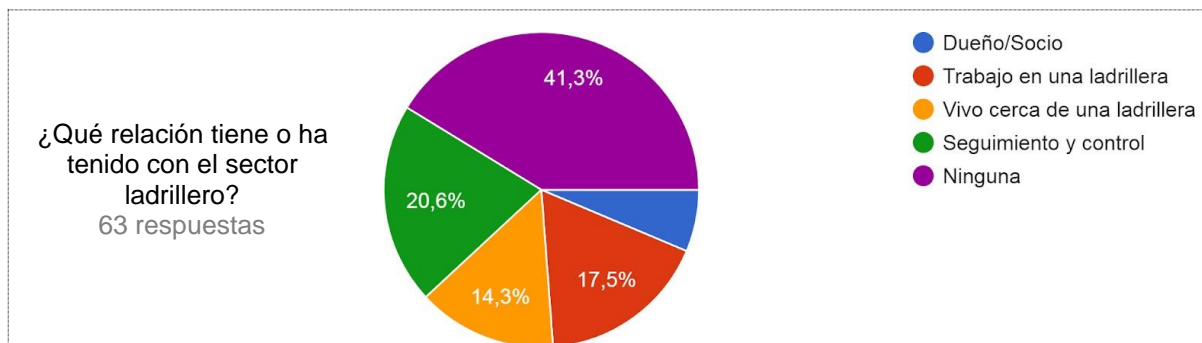


Fig. 2. Pregunta 1.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Esta pregunta se planteó para evaluar la percepción de diferentes poblaciones respecto a la contaminación atmosférica, y cómo desde su posición actual presenta su opinión frente a las preguntas posteriores. Del 100% de las encuestas, se registró información de un 41,3% a población que no tiene relación alguna a la actividad ladrillera, y un 58,7% a los que tienen algún vínculo con el sector.

En total se realizó la encuesta a 63 personas, de las cuales 28 de ellas no presentan algún vínculo directo con el sector ladrillero, sin embargo decidieron participar en la encuesta por que presentan interés en la investigación. El 20,6% equivalente a 13 personas, hacen parte del grupo de seguimiento y control de diferentes entidades, como la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR-, la Secretaría Distrital de Ambiente -SDA- y funcionarios pertenecientes a laboratorios y/o consultoras ambientales. El 17,5% de los encuestados trabajan en una ladrillera, entre los cargos encuestados estaban Jefe de planta, Hornero (Industrial), Cocinera y operarios en general. El 14,3% de la muestra vive cerca de una ladrillera, específicamente en los barrios Mochuelo Alto y Mochuelo Bajo, sectores localizados cerca al Parque Minero Industrial los Mochuelos y al Relleno Sanitario Doña Juana. Finalmente, el 6,3% corresponde a dueños o socios de fabricas de ladrillos. En el caso de los trabajadores y dueños de fabricas, resultó arduo aplicar las encuestas, puesto que consideraban que si participaban podrían tener alguna implicación con la autoridad ambiental que les compete.

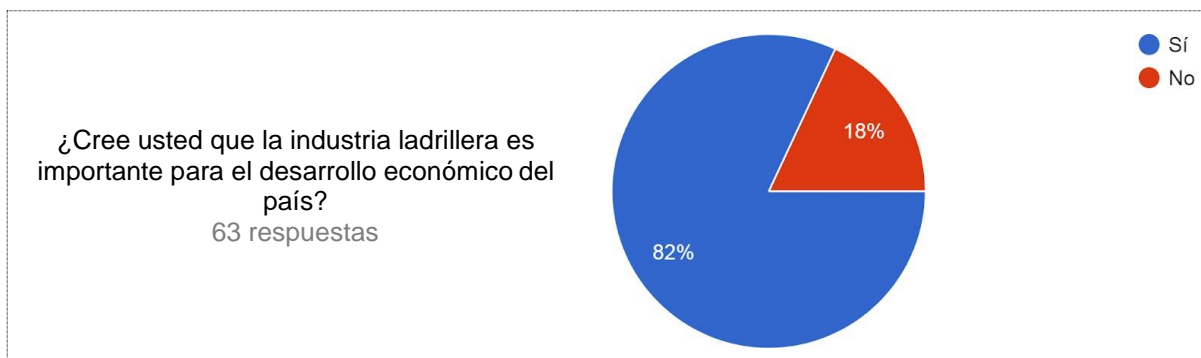


Fig. 3. Pregunta 2.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

En este caso, el 18% considera que la industria ladrillera no es importante para el desarrollo económico del país, este resultado fue consolidado por personas que no tienen ninguna relación con el sector ladrillero, por lo cual se puede deducir que no están informados del crecimiento nacional de esta actividad económica.

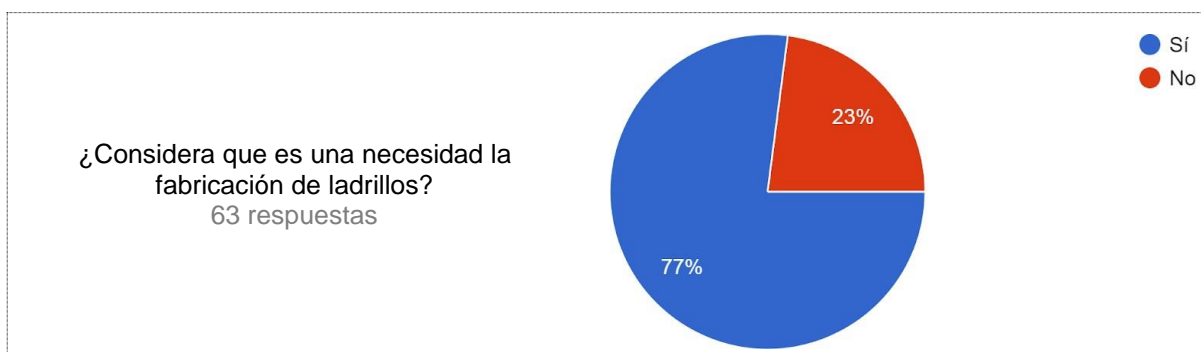


Fig. 4. Pregunta 3.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

La población de estudio es conciente que la fabricación de ladrillos genera un impacto en el medio ambiente y en la salud de las personas, pero a su vez reconocen que el producto es necesario para la construcción de viviendas, colegios, hospitales, centros de cultura, senderos peatonales, entre otras edificaciones que aportan de cierto modo una mejor calidad de vida a los ciudadanos. Por lo anterior, tan solo el 23% afirma que la fabricación de ladrillos no es una necesidad, en este caso la población que hace parte de este porcentaje corresponde también a aquellos que no tienen ninguna relación directa con las ladrilleras.

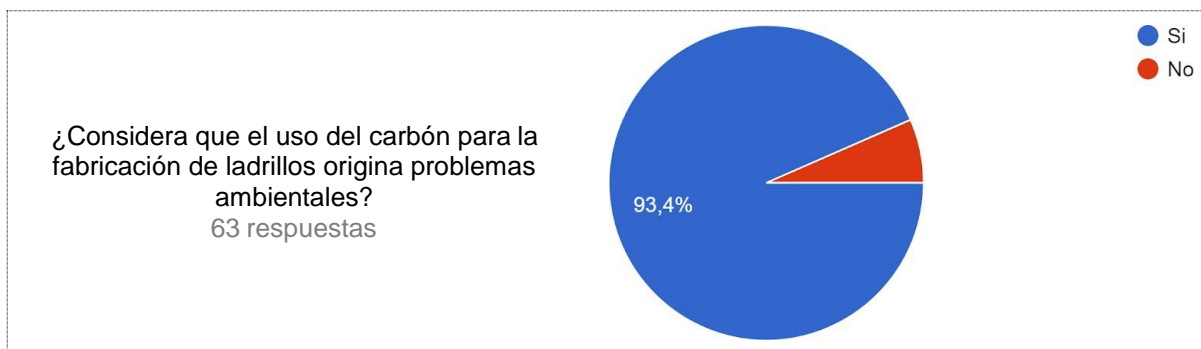


Fig. 5. Pregunta 4.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Esta pregunta cuestiona la actividad de las empresas ladrilleras y su rol en la gestión ambiental, en esta consulta el 6,6% opinó que la producción de ladrillos no origina ninguna afectación al medio ambiente. Lo que llama la atención de este resultado es que ese porcentaje lo integran tres trabajadores de una ladrillera y un dueño de fábrica. En este caso se puede deducir que hace falta conocimiento de los impactos que puede generar el proceso productivo al cual hacen parte, u otra hipótesis puede ser que no hayan optado por un *Si* de respuesta por mantener a salvo su producción, ya que como se había mencionado anteriormente, estos grupos encuestados mostraban un cierto prejuicio al tema.

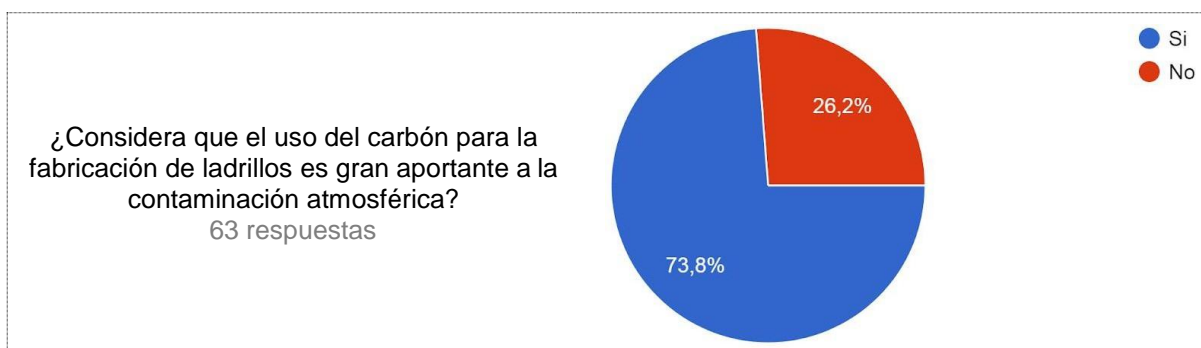


Fig. 6. Pregunta 5.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

En este interrogante, el 26,2% de los encuestados respondieron que la fabricación de ladrillos no es un gran aportante a la contaminación atmosférica siempre y cuando se implementen sistemas de control tales como filtros, sedimentadores, lavadores venturi, entre otros. Adicionalmente consideran que el parque automotor es quien realmente está afectando en una mayor proporción a la atmósfera.

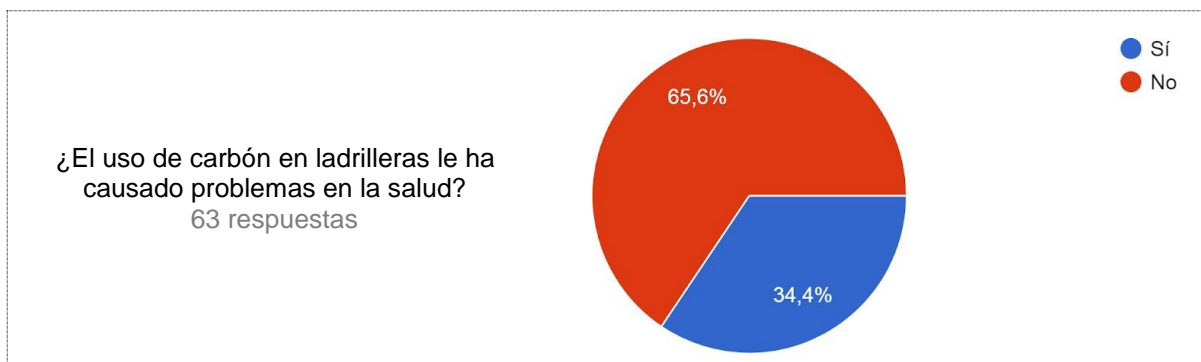


Fig. 7. Pregunta 6.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Por otra parte, está el factor relacionado con la percepción de riesgos para la salud, se presenta un porcentaje considerable de afectaciones especialmente a los que están relacionados de manera directa con la actividad económica, como es el caso del grupo de seguimiento y control, trabajadores de ladrilleras y personas que viven en las comunidades adyacentes a las fábricas. Manifiestan que han padecido enfermedades principalmente en las vías respiratorias, tales como asma y neumonía, pero que a pesar de ello no se les facilita cambiar de trabajo porque es la actividad que han venido llevando durante años y la que ha solventado a sus familias.

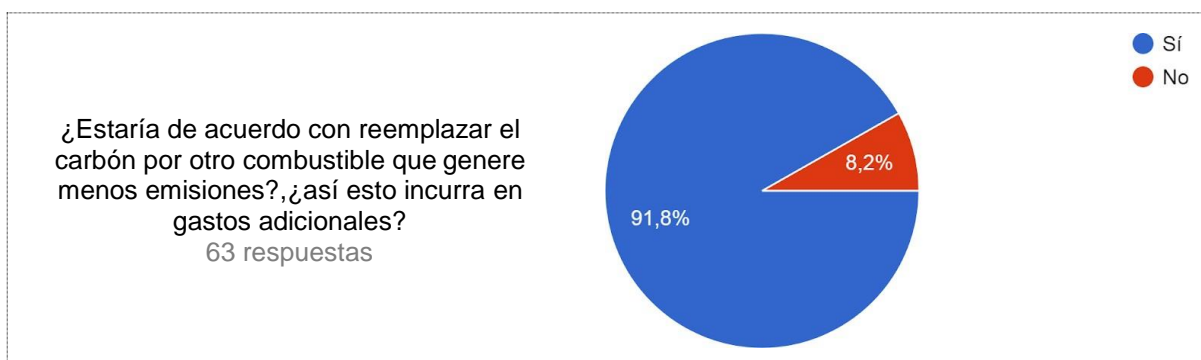


Fig. 8. Pregunta 7.
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Este último interrogante al igual que lo demás se aplicó al 100% de la población, sin embargo, la idea era enfocarlo en los dueños o socios de fábrica puesto que es decisión de ellos la conversión tecnológica o la implementación de prácticas más sostenibles. Respecto a esto, el 8,2% decidió no hacer un cambio de combustible por diferentes razones, la primera corresponde a la alta inversión inicial para un cambio de tecnología, la segunda está asociada al bajo costo y fácil manejo del carbón, y finalmente porque el carbón es el combustible con un alto poder calórico que garantiza las temperaturas necesarias para la cocción adecuada de material cerámico.

3.5. Conversión tecnológica.

Como solución a los problemas generados por las emisiones de gases ocasionados por la combustión incompleta del carbón en las industrias ladrilleras, se plantean las siguientes opciones de mejora:

Debido a que las pérdidas de energía son atribuidas por la tecnología de horno empleado para la cocción, se recomienda hacer uso de hornos con buena eficiencia energética que permitan disminuir el consumo de energía primaria (carbón) [14]. La opción más viable es la instalación de un **horno túnel**, ya que este permite aprovechar todo el calor aportado por la quema del carbón, disminuyendo las pérdidas de combustible mediante una adecuada dosificación y regulación del aire de combustión (oxígeno), para esto se propone además eliminar todas las fugas e infiltraciones de aire, reducir los tiempos muertos entre cargue y descargue y utilizar aislantes en la zona de quema. Estas actividades rutinarias permitirían la reducción de pérdidas de energía, consumo de combustible y las emisiones asociadas a este en un 30% [3].

Para disminuir o evitar las emisiones de fluoruros de hidrógeno, se propone realizar un control de la temperatura de cocción (no superar los 850°C) ya que para la producción de ladrillos no es necesario calentar a mayor temperatura. En el caso en que se necesite trabajar con temperaturas superiores, es recomendable aumentar la velocidad de cocción del horno, e instalar filtros en las chimeneas de los hornos [8]. Limitar el flúor añadiendo carbonatos y óxidos de calcio y magnesio, los cuales resultan idóneos para formar compuestos de flúor más estables a tratamientos térmicos [16].

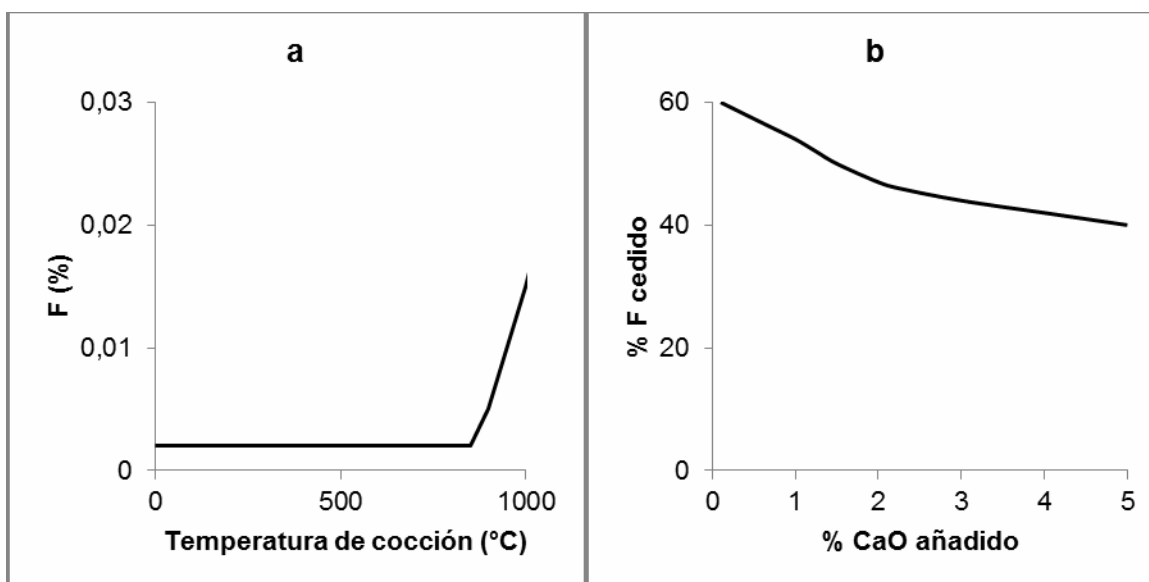


Fig. 9. Relación %F con temperatura de cocción y CaO añadido

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se sugiere implementar un sistema de control de emisiones atmosféricas que permita reducir la concentración de los contaminantes; en este caso se debe cumplir con las condiciones y especificaciones del manual del fabricante y de las variables de control que establece el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas [7]. Entre los sistemas de control que menciona el documento encontramos en primer lugar el Ciclón, este sistema controla la emisión de material particulado (MP) a través de la caída de presión de los gases, en segundo lugar se encuentran los precipitadores electrostáticos (PES), los cuales se emplean cuando se necesita una alta remoción de material particulado y cuando el volumen de los gases de emisión es alto, el funcionamiento consiste en hacer pasar el gas contaminante a través de un campo eléctrico en donde las partículas son cargadas negativamente y atraídas por un electrodo colector con carga opuesta, por medio de un sistema de sacudida se limpia el electrodo y las partículas que caen se colectan en una tolva ubicada en la parte inferior del precipitador; en tercer lugar están los lavadores, bien sea el lavador húmedo, o el lavador Venturi, los cuales son utilizados para controlar material particulado y gases altamente solubles [7]. En general, existen una gran cantidad de sistemas de control, lo importante de su instalación no es solo el funcionamiento, es la frecuencia de mantenimiento, de calibraciones y de monitoreos para verificar su porcentaje de remoción de contaminantes, puesto que cada sistema maneja un porcentaje particular.

En la medida que no se puedan controlar las opciones de mejora anteriormente mencionadas, se sugiere recurrir a un cambio de combustible. Existe por ejemplo el desarrollo de proyectos de aprovechamiento y generación de energía a partir del uso de gas natural como mecanismo de desarrollo limpio. El gas natural es el combustible fósil más limpio y rentable que contribuye a la conservación de la calidad del aire y actualmente ha sido empleado en diferentes industrias colombianas [5].

De esta forma, se propone implementar tecnologías de captación del biogás producido en el Relleno Sanitario de Doña Juana, el cual colinda con el Parque Minero Industrial el Mochuelo. Esta tecnología de captación se haría con el propósito de distribuirlo para sustituir el carbón utilizado para generar energía en los hornos de las ladrilleras del sector. Esta opción de mejora trae consigo varias ventajas, entre ellas la disminución de la contaminación atmosférica, mejora de la salud y calidad de vida para la comunidad de la industrial ladrillera, además porque se reduciría la circulación de camiones cargados de carbón, problemática planteada en la sección de identificación de impactos [13].

El industrial tiene la posibilidad de aplicar a programas para financiar proyectos de reconversión tecnológica. Uno de estos programas lo lleva a cabo el Grupo Bancoldex, el cual dentro de su portafolio de servicios presenta una alternativa de financiación para desarrollo sostenible y energía renovable asignando un cupo especial de crédito dirigido a personas naturales y jurídicas consideradas como micro, pequeñas, medianas y grandes empresas de todos los sectores económicos que tengan como objetivo diseñar la construcción, instalación,

montaje y operación de sistemas de control, desarrollar proyectos relacionados con energías renovables y adelantar inversiones en construcción sostenible [11].

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis documental de la contaminación atmosférica reportada por el uso del carbón en industrias ladrilleras, se concluye lo siguiente:

- El sector ladrillero obtiene una gran responsabilidad social y ambiental por la generación de impactos a la salud de la población y al medio ambiente, por la extracción de arcilla, el uso de tecnologías poco sostenibles, y principalmente por el uso de combustibles fósiles como el carbón, además porque su demanda es relevante en el país. Debido a esto, se deben desarrollar políticas relacionadas con la producción sostenible que motiven no solo al sector ladrillero, sino a las demás actividades económicas a adoptar una cultura de sostenibilidad y cuidado por los recursos naturales.
- En el proceso de fabricación de ladrillos, la etapa crítica que aporta gran cantidad de emisiones gaseosas a la atmósfera es la cocción del material cerámico, puesto que es la actividad en la que se usa el carbón para aprovechamiento energético en los hornos.
- De acuerdo a la composición del carbón y de las materias primas empleadas para la fabricación del ladrillo, se concluye que generan emisiones de altas concentraciones de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), fluoruros de hidrógeno (HF) y cloruros de hidrógeno (HCl), compuestos altamente contaminantes para el medio ambiente y tóxicos para la población aledaña.
- Luego de realizar la investigación documental a través de las encuestas aplicadas y de los impactos identificados, se puede evidenciar una tendencia de las enfermedades respiratorias asociadas a los efectos generados por el uso del carbón mineral, especialmente por la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.
- Conjuntamente a la creación de conversiones tecnológicas, normativas, programas y proyectos ambientales para mejorar la eficiencia de la industria ladrillera, se deben plantear propuestas de socialización de las mismas para fomentar una conciencia de producción más limpia y eficiente en el sector.

REFERENCIAS

- [1] ANAFALCO, «ANAFALCO,» (2018). En: <http://www.anafalco.com.co/anafalco-web/?q=sitemap>.
- [2] Buitrago, D., Rojas D. (2017). Estimación de factores de emisión de una ladrillera en la localidad de ciudad bolívar en Bogotá D.C. Facultad de Ingeniería. Universidad de la Salle, Bogotá D.C.
- [3] Arango A., Rodríguez H. (2017). Análisis de las emisiones de contaminantes asociados a la fabricación de ladrillos y propuesta de reconversión tecnológica Nemocón – Colombia. Facultad de medio ambiente y recurso naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C.
- [4] Jiménez C. (2017). Perfil técnico ambiental para ladrillos de cerámica en el marco de las compras sostenibles. Escuela de Ingeniería. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
- [5] Rosas D., Cardona C., Rivas E. (2014). Primera aproximación para el aprovechamiento y generación de energía con gas natural desde mecanismo de desarrollo limpio (MDL). Revista Científica, 21, 29-38. Doi: 10.14483/udistrital.jour.RC.2015.21.a3
- [6] Acosta D. (2016). Impactos ambientales de la minería de carbón y su relación con los problemas de salud de la población del municipio de Samacá (Boyacá), Según reportes ASIS 2005-2011. Facultad de ciencias y educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C.
- [7] V. Y. D. T. Ministerio de Ambiente. (2010). Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, Bogotá D.C.
- [8] González I., Galán E., Miras A., Vázquez M. (2014). Emisiones de F, Cl, S y CO₂ derivadas de la composición mineralógica de las materias primas en la Industria Ladrillera Andaluza. Propuestas para su reducción. Facultad de Química. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- [9] Jiménez M., Ferrer A., Chaves L., Navarro E., Martín J., Cárdenas J., Rodríguez S. (2013). Análisis preliminar de un cuestionario de evaluación de la percepción social de la contaminación atmosférica. Facultad de Química. Universidad de Antioquia, Medellín.

- [10] Rincón C., Gil J., Lesmes C., Caro C. (2016). Evaluación de la sostenibilidad de la producción de ladrillo en la región de Boyacá, Colombia. Revista L'esprit Ingénix e-ISSN: 2422-2445, Enero-Diciembre 2016, No. 35-45.
- [11] Bancoldex (2018). Portafolio de productos para financiar proyectos de sostenibilidad. En: <https://www.bancoldex.com/Modelo-de-gestion-ambiental-Bancoldex/Portafolio-de-productos-para-financiar-proyectos-d.aspx>
- [12] Carvajal C., García M. (2016). Planeación de la gestión de la calidad del aire para la empresa Hora Ltda Ladrillera Ocaña. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña.
- [13] Benavides W., Soto J. (2015). Evaluación de las posibilidades de colección, purificación y aprovechamiento del biogás generado en el Relleno Sanitario La Esmeralda de la ciudad de Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Católica de Manizales.
- [14] Camelo L. (2015). Identificación de técnicas de cogeneración para obtención de energía eléctrica en industrias ladrilleras de gran escala. Facultad de ingeniería. Universidad de La Salle, Bogotá D.C.
- [15] Sánchez M., Zapata L. (2013). Impacto ambiental y gestión del riesgo de ladrilleras en la vereda Los Gómez de Itagüí. Cuaderno Activa, ISSN 2027-8101. N°5, Enero-Diciembre de 2013, pp. 109-123.
- [16] Urbina C. (2015). Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos. Facultad de ingeniería. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.